



## Stichting Technisch Centrum voor de Keramische Industrie

Direkteur: Ir H. J. Timmers  
Hoofdstraat 4, 6994 AE | De Steeg  
Postbus 40, 6994 ZG  
Telefoon: 08309 - 91 08\* Telex: 45713  
Bank: A.B.N. Velp rek.nr. 53.52.36.247  
Giro: 92 80 95  
K.v.K.: S 047499 Arnhem

Verslagnr.: 347/AD/mm  
De Steeg, september 1981

### COMMISSIE KOLENSTOKEN.

#### Verslag kolenstookproeven

door:

A.A.W. Doeleman

en

A.H.J. Wagener.



**INHOUD**

=====

<u>Omschrijving</u>	<u>blz.</u>
Inleiding.	1.
Korte beschrijving van de proeven.	4.
Prijsvergelijking.	5.
De steenkool.	6.
Resultaten proef "Bahrsche Pol".	7.
Resultaten proef "Tollewaard".	9.
Resultaten proef "Daams".	10.
Bezoek Gnarrenburg.	13.
Bezoek Würzburg.	15.
Een mogelijke stookinstallatie.	19.
Milieu - aspecten.	23.
Begroting van investeringen.	31.
Conclusie.	34.

Bijlagen: - Figuren, grafieken en offertes  
- Foto's



Om een indruk te krijgen van de huidige prijsverschillen tussen aardgas en steenkool het volgende:

Aardgas: ca. f 0,42 / m<sup>3</sup> = 1,33 ct. / 1000 kJ.

Gedroogde gemalen kolen 0 - 1 mm.: ca. f 350,--/ton = 1,06 ct./1000 kJ.  
(7850 kcal/kg = 32850 kJ/kg)

M.a.w. op het ogenblik is de prijs van gemalen steenkool ca. 80% van de aardgasprijs.

Mogelijk kunnen in de toekomst de kolenprijzen nog wat dalen wanneer in den lande centrale maalbedrijven van start zijn gegaan, (aanbeveling van "Krachtwerktuigen") zodat investeringen voor deze installaties voor onze industrie achter wege kunnen blijven.

De steenkoolprijs is niet aan die van aardgas gekoppeld. Aardgas en olie vertonen wel een prijskoppeling.

Ondanks het feit dat de investeringen hoog zijn voor omschakeling van een keramisch bedrijf van aardgas op steenkool zoals we later in dit rapport zullen zien, lijkt deze omschakeling interessant, al zullen nog veel problemen moeten worden opgelost, problemen die voor een groot deel van milieu - technische aard zijn.

De prijs van de gedroogde, gemalen kolen, zoals deze franko op een steenfabriek in een silo zijn geblazen, is ongeveer als volgt opgebouwd:

Prijs af steenkoolmijn in België	f 245,-- / ton
Voor tussenvracht naar de droger	10,-- / ton
<hr/>	
Sub-totaal	f 255,-- / ton.

De specificaties van de kolen zijn:

Nootjes met aspercentage	ca. 5%
Vocht	ca. 6%
Vluchtige bestanddelen	ca. 28%
Zwavel	< 1%
Assmelpunt	ca. 1350° C.
Stookwaarden	ca. 7850 kcal./kg.

Vocht uitdrogen tot ca. 1%	12,75 / ton
Voor drogen 10 m <sup>3</sup> aardgas per ton, per 5% vocht	5,-- / ton
Intern transport	3,50 / ton
Opslag	1,50 / ton
Renteverlies (gemiddeld 4 maanden opslag à 15%/jaar over f 255,- )	12,75 / ton
Malen, laden, wegen, silo-opslag (centrale maalinstallatie)	34,-- / ton
Transport silo-auto	20,-- / ton
<hr/>	
Totaal	f 344,50 / ton.
<hr/>	

Korte beschrijving van de proeven.

=====

De stand van zaken bij de proefnemingen met automatische kolenstookapparatuur is thans als volgt:

1. Op de steenfabriek "De Bahrsche Pol" is een proef genomen door het Technisch Centrum voor de Keramische Industrie te De Steeg, met een Italiaans C.E.G. - apparaat.
2. Door hetzelfde Technisch Centrum is met hetzelfde apparaat op de steenfabriek "De Tollewaard" een proef genomen.
3. Door het Technisch Centrum Waalsteen te Nijmegen is met het Waalsteen - apparaat een proef gedaan op de steenfabriek "Daams".
4. Door het Technisch Centrum te De Steeg is een bezoek gebracht aan de Ziegelei Gnarrenburg in West Duitsland waar het "Lingl" - apparaat in werking was te zien.
5. De Technisch Centra Waalsteen en Brabant brachten een bezoek aan een bedrijf in Duitsland waar het kolenstook apparaat van Gairing" in werking was.
6. Er werd een bezoek gebracht aan de vlamoven van "T & A" in Hüthum - Duitsland, welke oven voor de helft is voorzien van "Lingl" - kolenstookapparatuur.

De fabrieken van punt 1, 4 en 5 beschikken over een tunneloven en de fabrieken van punt 2 en 3 en 6 stoken hun produkten in een vlamoven af.

Op de tunneloven van punt 1 werd de proefstoking uitgevoerd met poederkool, de andere vijf bedrijven werkten met gemalen steenkool (fijnkool tot ca. 4 mm. korrelgrootte), slechts in één van de vijf gevallen werden de kolen op het bedrijf zelf gemalen.

Prijsvergelijking.

=====

Gezien de huidige prijs van gemalen kolen zal de tendens wel worden dat inderdaad gemalen kolen gekocht gaan worden, zodat de hoge kosten van een maal- en zeefinstallatie bespaard kunnen worden.

Een transportinstallatie op de fabriek kan dan bijvoorbeeld bestaan uit:

Bunker met transportband en ontijzeringsinstallatie, jacobsladders silo, en verdeel-transportbanden, op de oven.

De kosten van een dergelijke installatie bedragen ongeveer f 550.000,--.

Voeg daarbij de kosten van een stookinstallatie voor een vlamoven van 24 kamers met elk 15 stookpotten, voor ca. f 350.000,-- en reken voor montage en elektrische installatie en onvoorzien voor beide genoemde installaties f 100.000,--, dan bedraagt de totale investering ca. f 1.000.000,--.

Een vlamoven van genoemde grootte kan ca. 30 mln. wf. per jaar afstoken.

Bedraagt het aardgasverbruik  $135 \frac{\text{m}^3}{\text{oo}}$  wf. dan is het jaarlijks gasverbruik:

$$30.000 \times 135 = 4.000.000 \frac{\text{m}^3}{\text{o}}$$

Stel het kolenverbruik even hoog, lagere stookwaarde maar door minder lucht wat zuiniger stoken en de gas- en kolenprijzen resp. f  $0,42/\frac{\text{m}^3}{\text{o}}$  en f 0,35/kg. dan is de jaarlijkse besparing:

$$4.000.000 \times (0,42 - 0,35) = f 280.000,-- \text{bruto.}$$

Stijgt de aardgasprijs naar f 0,50 per  $\frac{\text{m}^3}{\text{o}}$  en de kolenprijs bijv. naar f 375,-- / ton, dan wordt de jaarlijkse besparing:

$$4.000.000 \times (0,50 - 0,375) = f 500.000,-- \text{bruto.}$$

Zie verder onder "Begroting" op blz. 33.

De steenkool.

=====

Van veel belang is de korrelopbouw van de fijnkool. Er dient gestreefd te worden naar een korrelopbouw waarbij  $90\% \leq 1$  mm. terwijl 0 - 0,5 mm. 30% mag bedragen.

In de praktijk zal dit erop neer komen dat 0 - 2 mm. zeer acceptabel is en dat 0 - 4 mm. ook bruikbaar is, echter moet dan de fractie 1 - 4 mm. geen te groot percentage vertegenwoordigen.

Verder worden de volgende specificaties gevraagd:

Vochtgehalte	max. 5%
Asgehalte	max. 5%
Vluchtig	max. 35%
Zwavel	max. 1%
Stookwaarde	min. 7300 kcal./kg.
Verwekingspunt	min. 1300 <sup>o</sup> C.

Er zal binnenkort een proef van start gaan op een vlamoven, waarbij door de fa. "Lingl" een stookapparaat ter beschikking wordt gesteld.

Dit is ongeveer vergelijkbaar met de proef met het Italiaanse C.E.G.-apparaat (Carbojet) op de vlamoven van de steenfabriek "De Tollewaard".

Resultaten van de proef op de "Bahrsche Pol".  
=====

Op de steenfabriek "De Bahrsche Pol" te Lathum is een proef uitgevoerd op het gebied van het stoken van kolen d.m.v. een Carbojet - apparaat ter beschikking gesteld door de firma "C.E.G." - Italië.

De stookinstallatie op de tunneloven van deze fabriek bestaat uit 16 rijen (8 groepen) van elk 5 branders, dus een totaal van 80 stuks aardgaslansen. De oven is van boven gestookt.

De gemiddelde branderbelasting is ca.  $1,5 \text{ m}^3$  aardgas per uur.

Besloten werd om het Carbojet - apparaat, dat van 10 voedingspunten is voorzien, dus voldoende voor één groep van 2 rijen, te monteren op de plaats van de laatste (achtste) stookgroep. Later werd echter de normale achtste gasstookgroep weer op zijn plaats gezet en het kolenstookapparaat als laatste negende groep, dus als extra groep, opgesteld. Dit om niet steeds de achtste gasstookgroep te moeten dé- en monteren.

Wij konden beschikken over 1000 kg. kolen en aangezien de "Bahrsche Pol" zowel rode als gele steen maakt, besloot men 500 kg. kolen te verstoken tijdens de produktie van rode stenen en 500 kg. tijdens de produktie van gele stenen.

In beide gevallen werden de kleuren van de stenen iets warmer (donkerder) en in het geval van de rode steen iets gereduceerd.

Aan de leverancier van de kolen, de firma S.S.M. - Vekoma, werd gevraagd kolen te leveren met een korrelgrootte van max. 1 mm. en een verdeling van 0,3 tot 0,4 mm. : ca. 50%

0,5 mm. : ca. 50%

Wat werd geleverd was: Covnij - steenkoolpoeder met de volgende zeefanalyse:

< 5,6 mm = 100%	< 0,3 mm = 93,5%
< 2,8 mm = 100%	< 0,25 mm = 87,0%
< 1,4 mm = 100%	< 0,125 mm = 60,0%
< 0,6 mm = 100%	< 0,063 mm = 35,0%



Dit was een gelukkige bijkomstigheid omdat tijdens het proefstoken bleek dat deze fijne kool ook op de tunnelovenwagens nog uitbrandde: de hoogte van de zetting op de wagens is nl. slechts 1 Hulo - pakket hoog.

Een vervelende bijkomstigheid van deze steenkoolpoeder is dat het zich als water gedraagt tijdens het uit de zakken overgieten in de trechter boven het apparaat met als gevolg dat in no-time de bovenkant van de oven geheel zwart was van het steenkoolpoeder.

Nadat de wagens uit de oven waren gekomen, bleek er op de wagens een laag van ca. 3 mm. vlieggas te liggen.

De kleur hiervan is wit, het soortelijk gewicht is heel laag en er zitten de volgende ingrediënten in:

9,8 % water oplosbaar

0,125% F

0,04 % Cl

1,8 % SO<sub>4</sub> → erg hoog!

Dit betrof dus slechts 1/8 deel van de gehele stookinstallatie. Het laat zich raden hoeveel vlieggas er op de wagens zal liggen wanneer de gehele stookinstallatie is omgebouwd op het stoken van kolen. Hieraan dient in de toekomst grote aandacht te worden besteed vanwege het milieu - aspect: afzuiginstallaties, cyclonen, vlieggasvangsers, enz.

Na de proef op "De Bahrsche Pol" is het apparaat verhuisd naar de steenfabriek "De Tollewaard" te Lienden, waar het op een vlamoven (met grotere uitbrandlengte) werd beproefd, waarvan elke kamer 10 stookpotten heeft.

Dit kwam mooi uit. Wel waren er langere aanvoerslangen en verlengde branderpijpen nodig.

Resultaten van de proef op "De Tollewaard".  
=====

Het C.E.G. - apparaat met 10 voedingspunten werd ingezet op 1 kamer. De kamer heeft eveneens 10 stookpotten. Zie foto blad I. Gedurende de proef werd 10 ton fijnkool verstoekt, dus gemiddeld 1000 kg. per stookpot. De kolen werden geleverd door de Internationale Kolenmaatschappij te Amsterdam.

De samenstelling van de fijnkolen was zodanig dat 83,1 % kleiner was als 1 mm. en 6,8 % groter als 2 mm.

De proef is goed geslaagd, alleen liet de dosering van de kolen door een gebrek aan ervaring te wensen over (in het algemeen is deze overigens goed regelbaar). Er werden te veel kolen gedoseerd, met als resultaat, dat in combinatie met een teveel aan lucht, de kolen beneden in de oven lagen voordat ze waren verbrand.

Er lag dan ook gedurende lange tijd een hoop fijnkolen onderin de kamer uit te branden. Gelukkig heeft dit geen negatief resultaat opgeleverd voor het gebakken produkt. Zie foto blad II.

Dit zag er prima uit, bovenop de stenen lag wat losse as die eenvoudig te verwijderen was: De wind op het tasveld deed het meeste werk. Voor deze proef niet erg maar voor de toekomst een punt waar veel aandacht aan geschonken moet worden.

In de kamer lag nogal wat as, gezien bovenstaand relaas niet verwonderlijk, doch dit zal uiteraard minder worden wanneer een juiste dosering plaats vindt.

Het kolenverbruik van de proefkamer bedroeg thans ca. 1200 kcal/kg. en dit is duidelijk veel te veel. Een normaal aardgas verbruik is voor een vlamoven 500 à 700 kcal./kg.

Het C.E.G. - apparaat is evenals de andere verschillende stookapparaten reeds vergeleken in "Klei - Glas - Keramiek", 1<sup>e</sup> jaargang, No. 10 van december 1980.

Een mogelijke stookinstallatie.

=====

We zullen nu trachten tot een opzet te komen van een automatische fijnkolenstookinstallatie voor een vlamoven, met een produktie van 30 mln. wf. per jaar.

Gegevens oven: - Weekproduktie - 638.000 wf.  
- Aantal kamers - 24  
- Kamerlengte - 15 m.  
- Kamerinhoud - 45.000 wf.  
- Aantal kamers/week - 14  
- Stookcurve - 190 uren  
- Gasverbruik -  $135 \text{ m}_0^3 / 1000 \text{ wf.}$

Het jaarlijkse gasverbruik voor een dergelijke vlamoven bedraagt dan:  
 $30.000 \times 135 = 4.050.000 \text{ m}_0^3$ .

We stellen het jaarlijks kolenverbruik gelijk, dus 4.050 ton.

Weliswaar ligt de stookwaarde van de meeste steenkool soorten wat lager als die van aardgas, doch we gaan er van uit dat we met kolen wat zuiniger kunnen stoken als gevolg van minder luchttoevoeging.

Het uurverbruik wordt aldus:

$$\frac{4.050.000}{47 \times 168} = 513 \text{ kg. kolen}$$

Stel dat er 8 kamers in het vuur zijn, dat elke kamer 15 stookpotten heeft, dan wordt de gemiddelde branderbelasting:

$$\frac{513}{8 \times 15} = 4,3 \text{ kg. kolen / uur.}$$

Op het voorvuur zal die belasting wat hoger zijn en op het achtervuur wat lager. Het voorvuur is dus maatgevend, stel 50% meer dan het gemiddelde.

Wanneer we een stookapparaat kiezen wat bijv. 30 stookpotten kan bedienen. dus één apparaat per 2 kamers, dan zijn in totaal 12 doseerapparaten nodig, terwijl elk doseerapparaat een uurcapaciteit moet hebben van tenminste:

$$1,5 \times 4,3 \times 2 \times 15 = 194 \text{ kg.}$$

De aanvoerapparatuur kan op het gemiddelde verbruik van 513 kg. fijnkool per uur worden afgestemd.

De aanvoerapparatuur kan in principe bestaan uit:

Eén of meerdere silo's (het weekverbruik is in dit geval  $168 \times 513 = 86.000$  kg. = 86 ton), onder de silo's een transportband die omhoog gaat tot op de oven; aan het eind van deze band een schuine zeef, gecombineerd met een ontijzeringsinstallatie. De transportband gaat op de oven over in een rondgaand kolen-transportstelsel bijv. een schraapketting in een gesloten buis. Deze buis heeft bij elk doseerapparaat een automatische losklep bediend door de niveau - regelaars in de trechter van het doseerapparaat (één voor laag- en één voor hoogstand).

Met deze installatie kan worden gestookt.

De doseerapparaten zijn elk voorzien van 30 stuks aanvoerslangen en branderpijpen voor het bedienen van de stookpotten.

Elk doseerapparaat heeft bovendien zijn eigen ventilator voor de transport lucht voor de fijnkool.

Overigens verhoogt de ventilator wel het (elektrisch) energieverbruik: Hiermede moet rekening worden gehouden want we hebben in dit geval 12 stuks ventilatoren extra, waarvan er steeds 4 continue in bedrijf zijn bij deze niet verplaatsbare installatie.

De niet verplaatsbare installatie is een gevolg van de keuze dat geen extra stokerspersoneel zou worden ingezet.

De temperatuur - regeling van de nu vervangen gasinstallatie kan in principe in zijn geheel voor de kolenstookinstallatie worden gebruikt. Wel dient elk stookpunt, evenals de flowmeter bij de gasinstallatie, met de hand van te voren te worden ingesteld voor wat betreft de kolendosering per stookpot.

Dit geldt ook voor de lucht hoeveelheid.

Deze dient uiteraard op het minimum te worden afgesteld voor een zuinig stookbedrijf.

Wanneer de kolen worden gemalen is het van belang ervan verzekerd te zijn dat men een goede korrelopbouw krijgt, aangepast aan de soort oven die men op het bedrijf heeft.

Zo heeft een moderne, lage en brede tunneloven een kortere uitbrandlengte dan een vlamoven waardoor een fijnere korrel is gewenst dan voor die vlamoven.

Het is nl. niet de bedoeling dat de fijnkool op de tunnelovenwagen uitbrandt: Dit zou hot-spots ten gevolge hebben en verweking van de onderste stenen in het pakket mogelijk maken.

De korrelopbouw dient dan ook zo te zijn dat de fijnkool gedurende het gehele valtraject uitbrandt.

In het algemeen kan worden gesteld dat een opbouw van 0 - 2 mm. wenselijk is. Het gedeelte dat 0 - 1 mm. vertegenwoordigt moet dan liefst minstens 90% bedragen terwijl 0 - 0,5 mm. niet meer dan 30% mag bedragen.

Wanneer we naar de als bijlage bijgevoegde grafiek van Händle kijken zien we, dat wanneer we een korrelopbouw van 0 - 4 mm. kiezen, 92% hieraan voldoet.

Kiezen we een korrelopbouw van 0 - 2 mm. dan voldoet slechts 75% van deze maling hieraan. Zo zal elk maalinstrument zijn eigen bepaalde beperkingen hebben.

Regelmatige bemonstering en onderzoek zal dan ook geboden zijn om steeds van een goede korrelopbouw van de fijnkolen verzekerd te zijn.

Alternatieve Begroting.

=====

- Kolenopslagsilo : 1 stuks		
Voor een weekverbruik van 77 ton.	f	47.000,--
- Transportband met zeef en grof-afvoer.		20.000,--
- Ontijzerings installatie.		P.M.
- Transportketting met buis en 12 loskleppen.		100.000,--
- 12 stuks doseerapparaten, compleet met ventila- toren, branderpijpen en slangen.(Lingl)		360.000,--
- Graaf-, sloop- en opruimings werkzaamheden.		15.000,--
- Fundaties voor diverse apparatuur.		50.000,--
- Elektrische voorzieningen.		30.000,--
- Montage van alle apparatuur.		120.000,--
- Diversen en Onvoorzien, ca. 10%		78.000,--
Totaal, excl. B.T.W., begroot op ca,	f	<u>820.000,--</u>

Aldus blijkt dat een complete automatische fijnkolenstook-  
installatie voor een fabriek met een produktie van 30 mln. wf  
per jaar, inclusief de benodigde ontstoffingsapparatuur en  
exclusief kolenmaalinstallaties een investering vraagt van  
ca. f 900.000,--

Wanneer hierop een energietoeslag van 10 % is te krijgen  
bedragen de werkelijke investeringskosten:

$$0,9 \times f 900.000,-- = f 810.000,--$$

De besparing wordt ca. f 500.000,-- zoals eerder in dit  
rapport is vermeld.

Schrijven we de installaties in 10 jaar af en rekenen we aan  
rente 10% over de helft van de investeringskosten dan bedragen  
de jaarlijkse kosten:

Afschrijving	f 81.000,--
Rente gemiddeld 10%	40.500,--
	<hr/>
Totaal	f 121.500,--

De echte besparing is dus f 500.000,-- -/- f 121.500,-- = f 378.500,--  
verminderd met de extra kosten voor elektrische energie voor  
ventilatoren en ontstoffingsapparatuur à ca. f 28.500,-- = f 350.000,--  
Het duurt dus  $\frac{810.000}{350.000}$  = ca. 2,5 jaar alvorens de gehele investering  
is terug verdiend bij het huidige prijsniveau van aardgas en fijnkolen.

Met name bij het grovere monster ontstonden op de ovenvloer te grote hopen onverbrande fijnkool. Dat gedeelte van de steenkool dat op een juiste wijze verbrandde, bleek niet voldoende om de temperatuurstijging boven 900° C te verwezenlijken. Daarom moest tenslotte worden overgeschakeld op aardgas. Toen enige dagen later een korte proef met het verzamelde fijne monster werd gerealiseerd, bleek de geleende koelluchtventilator niet in staat om de gewenste 2,5 m<sup>3</sup> lucht/uur per stooklans op te brengen. Daardoor ontstond vercookesing in de lanzen hetgeen tot een verstopping leidt. Dit euvel werd verholpen door een procesluchtventilator, geleend van de firma De Bruijn, toe te passen als koelluchtventilator. Een tweede bezwaar van de geleverde steenkool was de aanwezigheid van ongebroken nootjes in de gemalen fijnkool. Gelukkig bleek dit voor de spiraalvoerders geen enkel probleem. De aandrijving met vertraging en de spiraalveer waren sterk genoeg om de nootjes te splijten en/of te verpulveren. Bij een proef met afvalhout werd een flinke spijker doorgesneden zonder enige schade aan de apparatuur.

Anders lag dit bij de trilvoeder. Door een voor de capaciteit noodzakelijke afstand tussen trilgoot en vultrechter van ± 3 mm kwamen de nootjes niet verder dan de trechter en liep tevens de capaciteit van de trilvoeder terug door een soort gedeeltelijke verstopping. Overigens heeft de trilvoeder zonder haperen gefunctioneerd.

Toen de ontmenging (m.b.t. korrelgrootte) werd geconstateerd, is nog tot een laatste proef besloten, en wel met een opnieuw gemengde fijnkool. Ook hier werd de stoking gestopt omdat na 15 uur de hopen onverbrande fijnkool weer zo hoog waren, dat de warmtebelasting van de onderpakketten te hoog werd. Overigens kon worden vastgesteld dat die hopen in een later stadium geheel opgebrand waren.

De kwaliteit van de stenen uit de met steenkool gestookte kamers was ronduit goed en vrij gelijkmatig. De aslaag op de bovenste laag stenen was nog geen 0,5 mm dik. Ook hier zal met speciale apparatuur de stof moeten worden verwijderd.

De regeling van de doseervoeders was goed als de fijnkool de juiste korrelopbouw had. De temperatuurregelaar werd gewoon gebruikt. De uitgang van 220 V bediende in dit geval niet de gas-magneetklep maar een schakelrelais die de motoren (met uitzondering van de koelluchtventilator) al dan niet doorverbond met de 380-V voeding.

De proef heeft de volgende resultaten opgeleverd :

- De korrelopbouw blijft onverminderd van het allergrootste belang. Bij het S.T.C.W.-apparaat blijft de specificatie van blz. 5 van kracht.
- De koelluchthoeveelheid moet worden gehandhaafd op 2-2,5 m<sup>3</sup> lucht/uur per brander.
- De spiraalvoerders zijn storingsvrij en voldoende sterk om sporadische grove kolen te splijten of te verpulveren.



Ten gevolge van de brandstof steenkool vermeldt het T.N.O.-rapport de volgende emissies :

CO	8.000 mg/kg steenkool
SO <sub>2</sub>	7.000 mg/kg steenkool
NO <sub>2</sub>	10.000 mg/kg steenkool
CH <sub>4</sub>	150 mg/kg steenkool
stof	9.000 mg/kg steenkool

Aan de hand van een aantal berekeningen is verderop in het rapport voor meerdere emissieproducten dieper ingegaan op de emissiefactor en de investeringen die dit mee kan brengen.

#### Aannames en gegevens

Voor de berekening wordt uitgegaan van een vlamoven met een capaciteit van 30.000.000 W.F. per jaar, hetgeen overeenkomt met een produktie van 6.060 kg gebakken produkt per uur. De rookgas-hoeveelheid kan worden gesteld op 8,5kg/W.F. (5,0 kg/kg gebakken produkt). Het gemiddelde aardgasverbruik wordt gesteld op 135 m<sup>3</sup> aardgas per 1.000 W.F., ofwel een warmteverbruik van 2.540 kJ/kg gebakken produkt.

De dichtheid van de rookgassen wordt gesteld op 1,27 kg/m<sup>3</sup>.

Uit voorgaande hoofdstukken kunnen de volgende gegevens worden gehaald met betrekking tot de fijnkool:

asgehalte : 5%  
stookwaarde : 29.500 kJ/kg (7050 kcal/kg)  
zwavelgehalte : max. = 1%

Vliegas- en stofemissiesEmissies zonder kolenstookstelsel

De rookgashoeveelheid kan worden gesteld op 5.000 kg/ton gebakken produkt, ofwel

$$\frac{5.000}{1,27} = 3.940 \text{ m}_0^3/\text{ton gebakken produkt.}$$

De emissies van stof zijn volgens het T.N.O.-rapport 125 mg/kg gebakken produkt.

Dit betekent een stofemissie t.g.v. produkt en oven van

$$\frac{125 \times 1.000}{3.940} \approx 30 \text{ mg stof/m}_0^3 \text{ rookgassen.}$$

Diverse metingen wijzen op een stofemissie van ca. 20 mg/m<sub>0</sub><sup>3</sup> rookgassen bij stoffige produkten en ovens (zie bijlage).

Emissies met kolenstookstelsel

Het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne maakte via de heer Koopman duidelijk dat de grens voor stofemissies in de toekomst zou kunnen komen te liggen op een maximum uitworp van 50 mg/m<sub>0</sub><sup>3</sup> rookgassen (TA-Luft max. 150 mg/m<sub>0</sub><sup>3</sup>).

De hoeveelheid steenkool, die in de oven verstoekt wordt, bedraagt bij een gelijkblijvend warmteverbruik

$$\frac{2.540.000}{29.500} = 86 \text{ kg/ton gebakken produkt.}$$

Indien het asgehalte van de steenkool 5 % is, komt er dus aan as vrij :

$$5 \% \text{ van } 86 = 4,3 \text{ kg/ton gebakken produkt}$$

$$\text{ofwel } 4,3 \times 10^6 \text{ mg as/ton gebakken produkt.}$$

Bij de reeds berekende rookgashoeveelheid komt dit neer op

$$\frac{4,3 \times 10^6}{3.940} = 1.090 \text{ mg as/m}^3 \text{ rookgassen}$$

Uiteraard zal een groot gedeelte niet met de rookgassen worden meegevoerd. Hoe hoog het percentage is, dat via de schoorsteen wordt afgevoerd, is niet bekend.

Uit de vermoedelijke eis (maximaal 50 mg/m<sup>3</sup>) en het mogelijk reeds aanwezige stof uit oven en produkt (30 mg/m<sup>3</sup>), kan worden geconcludeerd, dat maximaal 50 - 30 = 20 mg stof/m<sup>3</sup> rookgassen ten gevolge van het kolenstoken zou mogen worden afgevoerd. Dit is maximaal

$$\frac{20}{1090} \times 100\% = 1,8\% \text{ van de totale ashoeveelheid.}$$

Indien de rookgassen voorheen stofvrij zouden zijn, mag het percentage oplopen tot 4,6%.  
Of nu werkelijk een ontstoffingsinstallatie voor de rookgassen moet worden aangeschaft, kan niet met zekerheid worden gezegd. Het zal per geval moeten worden bekeken (oventype, produkt, specifieke rookgashoeveelheid, rookgassnelheid). Waardevolle gegevens kunnen worden verkregen door metingen aan bestaande installaties te verrichten (b.v. T & A Hüthum) of een meting aan een demonstratieproject te koppelen.

Tenslotte kan nog worden gewezen op een publicatie van Dipl.-Ing. H. Müller in Ziegelindustrie Nr. 4-81, "Probleme des Einsatzes von Festbrennstoffen beim Ziegelbrand". Hier wordt voor de reeds in gebruik zijnde kolengestookte tunnelovens een gemiddelde emissiewaarde van 75 mg stof/m<sup>3</sup> opgegeven.

#### Kosten van ontstoffingsapparatuur

Om een indruk te krijgen van de kosten die de ontstoffing van de rookgassen met zich mee zouden kunnen brengen, werden twee offertes aangevraagd.

De investeringskosten zouden globaal bedragen :

Filterinstallatie	f 110.000
Montage	- 15.000
Aanpassen rookgasleidingen	- 10.000
Electrische aansluiting	- 10.000
Aansluiting perslucht	- 5.000
Diversen	- 10.000
	<hr/>
	f 160.000

De bedrijfskosten van een ontstoffingsinstallatie zullen afhangen van het type reiniger en de rookgashoeveelheid. Zo wordt in de ontvangen offertes gesproken over een geïnstalleerd electrisch vermogen van ca. 30 kW en een persluchtverbruik van ca. 50 m<sup>3</sup> per uur met een druk van 6 bar. Ook de kosten voor het reinigen van de installatie en de afvoer van de stof en vliegias moeten hierbij worden genoemd.

#### Emissie van zwavel

##### Zwavel uit de klei

Het T.N.O.-rapport vermeldt een zwavelemissiefactor van 150 mg per kg gebakken produkt. Bij een rookgashoeveelheid van 3.940 m<sup>3</sup>/ton gebakken produkt is de emissie van uit de klei vrijkomende zwavel (SO<sub>2</sub>) dan

$$\frac{150 \times 1.000}{3.940} = 38 \text{ mg/m}_0^3 \text{ rookgassen uit zwavelvrij aardgas.}$$

Versuchsergebnisse

Die nachstehende Tabelle enthält die wichtigsten Versuchsergebnisse:

Versuchstag	-	3. Juni 1981
Meßstelle	-	im Abgaskanal vor Saugzug
Materialdurchsatz:	Steine h	315 (10 DF) je 14,025 kg
	t/d	106
Rohmaterial:	etwa 1/3 zu 2/3 Schiefer-ton, Löß- lehm und Sägespäne	
Brennstoff	-	Steinkohle Nuß IV
Heizwert $H_u$	kJ/kg	33.856
Brennstoffverbrauch	ca. t/d	2,7

Abgase an der Meßstelle

Temperatur	°C	166
CO <sub>2</sub> -Gehalt	%	3,8
Unterdruck	mbar	4,8
Feuchtigkeitsgehalt (Vntr)	g/m <sup>3</sup>	55,1
Staubgehalt (Vb)	mg/m <sup>3</sup>	54,46
Staubgehalt (Vnf)	mg/m <sup>3</sup>	89,03
Staubgehalt (Vntr)	mg/m <sup>3</sup>	95,13
Staubgehalt bez. auf 3 % Bezugs-CO <sub>2</sub> -Gehalt	mg/m <sup>3</sup>	75,10
Fluorid-Gehalt im Abgas	mg/m <sup>3</sup>	11,7
Abgasmenge (Vb)	m <sup>3</sup> /h	16.145
Abgasmenge (Vnf)	m <sup>3</sup> /h	9.876
Abgasmenge (Vntr)	m <sup>3</sup> /h	9.243
dgl. bez. auf 3 % Bezugs-CO <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> /h	11.708
Flugstaubauswurf	kg/h	0,88
Fluoridauswurf	kg/h	0,108

Folgende Kenndaten gehen in die Rechnung ein:

<u>Anlage</u>	-	Tunnelofen
Brennleistung	t/d	100
desgl.	t/h	4,0
Rohmaterial	-	1/3 Schieferton und 2/3 Lößlehm bzw. Sägespäne
Brennstoff	-	Erdgas
Abgasmenge	m <sup>3</sup> /h	11.000
Fluorgehalt der Abgase	mg/m <sup>3</sup>	30
Max. Fluor-Emission	kg/h	0,33
Abgastemperatur an der Schornsteinmündung	°C	180
Schornsteinmündungs- Querschnitt	m <sup>2</sup>	0,5
vergleichbarer Kreis- durchmesser	m	0,8

Die Geschwindigkeit der Abgase an der Schornsteinmündung wurde mit 10 m/s angenommen, so daß sich der zuvor ausgewiesene Mündungsquerschnitt von 0,5 m<sup>2</sup> errechnet.

Bestimmt man anhand der genannten Werte zunächst die erforderliche Schornsteinmindesthöhe nach den Vorschriften der TA Luft, so ergibt sich nach dem Berechnungs-Nomogramm der VDI-Richtlinie 2289 ein Wert von 65 m, der noch um das Immissionsniveau zu erhöhen ist. Die örtlichen Gegebenheiten hinsichtlich der Bebauung, des Bewuchses und der Geländeverhältnisse in der Umgebung der hier zu beurteilenden Emissionsquelle werden u. E. mit einem Zuschlag von 8 m ausreichend berücksichtigt. Irgendwelche Korrekturen gemäß Ziff. 2.6.3 der TA Luft entfallen im vorliegenden Fall, so daß eine Mündungshöhe des Schornsteines von 73 m über Erdboden erforderlich wird, um das fluorhaltige Abgas genügend zu verteilen.